DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 5. März 1920. Heft 10.

Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns.

Von W. Lenz, München.

1. Einleitung.

Bekanntlich ist es *Rutherford* kürzlich gelungen zu zeigen, daß der Stickstoffkern beim Auftreffen schneller α-Strahlen zerspalten wird [1]). Dieser Nachweis gelang durch den vom Entdekker vorausgesehenen günstigen Umstand, daß beim Durchgang von α-Strahlen durch Stickstoff eine allerdings sehr geringe Menge einer neuen Art von α-Strahlen entsteht, deren Reichweite viermal so groß ist als die Reichweite der ursprünglichen α-Strahlen des RaC, nämlich in atmosphärischer Luft 28 cm gegen 7 cm. Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn die α-Strahlen durch reinen Wasserstoff geschickt werden; es entstehen wiederum α-Strahlen von 28 cm Reichweite, die nach Ausweis von Ablenkungsversuchen aus schnellbewegten Wasserstoffkernen bestehen. Da sich im Falle des Stickstoffs durch Einführung von Wasserstoff (in Form von Wasserdampf) leicht zeigen ließ, daß solche künstliche Verunreinigung den Haupteffekt nur unwesentlich beeinflußt, so kann als sicher angesehen werden, daß die schnellen α-Strahlen ihre Entstehung dem Stickstoff verdanken. Beim Vergleich mit dem Effekt in reinem Wasserstoff liegt im Hinblick auf die abnorm hohe Reichweite der Schluß nahe, daß die in Stickstoff entstehenden hochgeschwinden α-Strahlen schnell bewegte Wasserstoffkerne sind, während die α-Strahlen des RaC bekanntlich in schnellen Heliumkernen bestehen.

Für eine theoretische Betrachtung ist an *Rutherfords* fundamentaler Entdeckung vor allem der Umstand wichtig, daß der Wasserstoffkern beim Kernaufbau eine wesentliche Rolle spielt. Es ist dadurch die Rückkehr zur Proutschen Hypothese nahegelegt, die ja bekanntlich aus der vermeintlichen Ganzzahligkeit der Atomgewichte einen Aufbau aller Elemente aus Wasserstoff folgerte. Dies entspricht der früher schon von *Rutherford* besonders in bezug auf den Heliumkern vertretenen Auffassung, den er sich aus 4 Wasserstoffkernen und 2 Elektronen aufgebaut denkt. Auch später zu besprechende theoretische Versuche von *Harkins* und *Wilson* [2]), des Verfassers [1]) und von *Stern* und *Vollmer* [2]) gründen sich auf diese Auffassung. Es ist in dieser Hinsicht belanglos, ob man sich wegen der Gruppierung der Atomgewichte um die Zahlen $4n$ und $4n+3$ die Kerne aus Helium- und Wasserstoffkernen aufgebaut denken will, da ja der Heliumkern selbst wieder als komplex anzusehen ist.

Von einer Theorie der Kernstruktur kann heute noch nicht die Rede sein. Man müßte von ihr verlangen, daß sie auf Grund der Annahme eines Aufbaus der Kerne aus Wasserstoffkernen und Elektronen vor allem die Abweichung der Atomgewichte von den Vielfachen des Wasserstoffs und die aus den Tatsachen der Radioaktivität und den Rutherfordschen Versuchen folgende Unbeständigkeit der Kerne erklärt. Von einem Verständnis der radioaktiven Erscheinungen sind wir noch weit entfernt. Dagegen vermögen wir hinsichtlich der Frage der Atomgewichte und, wie hier besonders ausgeführt werden soll, hinsichtlich der Frage der Unbeständigkeit der Kerne gegen äußere Einflüsse wenigstens plausible Angaben zu machen.

Hierzu setzt uns instand die Anwendung des aus der Relativitätstheorie folgenden Satzes von der Trägheit der Energie, der bekanntlich ganz allgemein besagt, daß gemäß der Beziehung „Masse = Energie/Quadrat der Lichtgeschwindigkeit" jeder Energie, gleichgültig in welcher Form sie sich befindet, Masse zugeschrieben werden muß. Jede Änderung der Energie eines Körpers oder Systems etwa in Form von potentieller oder kinetischer Energie hat eine entsprechende Änderung seiner Masse zur Folge. Indem sich unsere Betrachtungen ganz wesentlich auf diesen Satz stützen, gewinnen sie neben der immerhin hypothetischen Annahme des Kernaufbaus aus Wasserstoffkernen eine Grundlage von großer Sicherheit. Die Beweiskraft unserer Überlegungen ist dagegen durch den Mangel ausreichender Kenntnis der in Frage kommenden experimentellen Daten sehr beeinträchtigt.

2. Die Frage der Atomgewichte.

Man kann nun versuchen, nach dieser relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie die Abweichung der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit auf Energiedifferenzen der Kerne gegenüber dem Zustand völliger Trennung in Elementarkerne zu schieben. Überlegungen dieser Art wurden zuerst von *Harkins* und *Wilson* (l. c.)

[1]) Phil. Mag. *37*, 1919, S. 537.
[2]) Zeitschr. f. anorg. Chemie *95*, S. 1 und 20, 1916.

[1]) Sitz.-Ber. d. bayr. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Kl. 1918, S. 355.
[2]) Ann. d. Phys. *59*, 1919, S. 225.

angestellt. Tatsächlich erweisen sich die Atomgewichte der leichteren Elemente, etwa bis Fluor, mit Ausnahme von Be kleiner als die entsprechenden Vielfache des Wasserstoffkerns. Das würde in obiger Auffassung bedeuten, daß beim Aufbau dieser Kerne, ganz analog wie in der Bohrschen Theorie beim Aufbau des Atoms, Energie abgegeben worden ist. Die Masse der am Aufbau teilnehmenden Elektronen kann dabei, wie eine Überschlagsrechnung lehrt, vernachlässigt werden. Die Ausnahme bei Be, wie auch die zahlreichen Unstimmigkeiten bei den schwereren Elementen, können vielleicht ihren Grund im Vorhandensein von Isotopen haben.

Von *Stern* und *Vollmer* (l. c.) ist eine weitere Deutungsmöglichkeit angegeben und experimentell geprüft worden. Die Atomgewichte sind angenähert Vielfache von 1 und nicht von 1,0077, dem Atomgewicht des Wasserstoffs. Man könnte sich nun denken, daß das Atomgewicht des Wasserstoffs tatsächlich gleich eins ist und die Abweichung des beobachteten Atomgewichts dieses Elements von 1 durch Beimengung von Isotopen des Wasserstoffs vom Atomgewicht 2 bzw. 3 zustande kommt. Die experimentelle Prüfung zeigte jedoch, daß diese Annahme nicht zutrifft.

Eine theoretische Prüfung der Zulässigkeit der Erklärung mittels Energiedifferenzen wurde vom Verfasser (l. c.) und in ganz analoger Weise von *Stern* und *Vollmer* auf Grund der Quantentheorie durch Konstruktion einfachster Kernmodelle aus Wasserstoffkernen und Elektronen versucht. Der Gang der Überlegung möge hier kurz angedeutet werden. Das Bohrsche Modell wird in der Weise invertiert, daß die Elektronen als die ruhenden und die Wasserstoffkerne als die umlaufenden Ladungen betrachtet werden; die Kernmodelle wurden deshalb vom Verfasser als invertierte Bohrsche Modelle bezeichnet. Für den Heliumkern wird z. B. ähnlich dem *Bohr-Debye*schen Wasserstoffmodell angenommen, daß um die Verbindungslinie zweier ruhender Elektronen in der Symmetrieebene 4 Wasserstoffkerne umlaufen. Die Durchrechnung dieses Modells nach der Quantentheorie liefert Dimensionen, die im wesentlichen im Verhältnis der Elektronenmasse zur Masse des Wasserstoffkerns gegen diejenigen des *Bohr-Debye*schen Wasserstoffmodells verkleinert sind, d. h. sie liefert Abmessungen von der Größenordnung 10^{-12} cm. Damit gelangt man also in die Größenordnung der von *Rutherford*[1]) und *C. G. Darwin*[2]) ermittelten oberen Grenzen der Kernabmessungen. Dagegen erweist sich die Differenz zwischen der Energie des Modells und derjenigen seiner Teile im Zustand völliger Trennung als viel zu klein, um die Differenz zwischen dem Atomgewicht des Heliums und dem vierfachen des Wasserstoffs erklären zu können. Dieses Ergebnis muß jedoch nicht unbedingt in dem Sinn gedeutet werden, daß die quantentheoretische Modellauffassung falsch ist. Vielmehr hat man nach dem Versuch von *Mie*, *Einstein* und *Weyl*, die Elektrodynamik in das „Innere" der Ladung fortzusetzen, allen Grund anzunehmen, daß das Coulombsche Gesetz und die gewöhnliche elektromagnetische Energieberechnung in den kleinen bei den Kernmodellen in Frage kommenden Entfernungen vom Ladungsmittelpunkt nicht mehr gilt. Es wäre durchaus möglich, daß die Schwierigkeiten sich hierdurch beheben ließen und die Kernmodelle ein wichtiges Anwendungsgebiet dieser erweiterten Elektrodynamik werden.

1) Phil. Mag. 27. 1914. S. 488.
2) Phil. Mag. 27. 1914. S. 499.

3. Die Frage der Beständigkeit der Atomkerne.

Da man bei unserer bisherigen Unkenntnis der Elektrodynamik im Kern bzw. Elektron in der Frage der Atomgewichte z. Zt. offenbar nicht weiterkommt, so wird man prüfen, ob sich aus unseren Grundannahmen nicht über die andere Hauptfrage, nämlich die der Beständigkeit der Atomkerne etwas aussagen läßt.

Nach dem Vorbilde des Ionisierungsvorganges der Atome wollen wir einen Kern dann gegenüber äußeren Einflüssen als beständig betrachten, wenn die zu seiner Trennung in einfachere Kerne erforderliche Energie größer ist als die Energie der α-Strahlen des RaC, also größer als $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ erg. Dies ist, abgesehen von der ThC-Strahlung, der größte Energiebetrag, der praktisch zur Beeinflussung des Kerns zur Verfügung steht. Wegen der bekannten Beziehung zwischen Masse und Energie muß also nach dieser Festsetzung die Masse eines stabilen Kerns mindestens um $1{,}3 \cdot 10^{-5}/9 \cdot 10^{20} = 1{,}45 \cdot 10^{-26}$ g kleiner sein als die Summe der Einzelmassen der bei seiner Zerlegung entstandenen Kerne. In Bruchteilen der Einheit der Atomgewichtsskala ($m_H = 1{,}64 \cdot 10^{-24}$ g) ausgedrückt, findet man für diesen Massenunterschied 0,009. Die Masse des Elektrons beträgt in dieser Einheit $\mu = 0{,}0006$.

Die Atomgewichtsbestimmungen besitzen leider nicht den Grad von Genauigkeit, wie er für die folgenden Überlegungen wünschenswert wäre; vielleicht vermag dagegen umgekehrt die Ausgestaltung des von *Rutherford* erschlossenen neuen Gebietes experimenteller Kernforschung uns instand zu setzen, auf Grund von Betrachtungen, wie sie im folgenden gegeben werden, die Atomgewichte mit einem bei chemischen Methoden heute nicht erreichbaren Grad von Genauigkeit zu berechnen. Nach *Brauner*[1]) und *Guye*[2]) darf man mit einer Ungenauigkeit von einigen Einheiten der letzten angegebenen Stelle setzen:

$$m_H = 1{,}007\,75$$
$$m_{He} = 4{,}002$$
$$m_C = 12{,}002$$
$$m_N = 14{,}010$$

1) In *Abeggs* Handbuch der anorganischen Chemie.
2) Journal de Chimie Physique 1916, S. 449, 1917. S. 60 und S. 208.

Der angegebene Wert für Helium stammt von *Heuse*. Es möge nun vorerst die Anwendung unserer Stabilitätsdefinition auf den He-Kern gemacht werden.

a) Beständigkeit des Heliumkerns.

Rutherford sagt[1]), es sei weniger überraschend, daß der Stickstoffkern abgebaut wird, als daß der Heliumkern dabei der Zerstörung entgeht. Wir wollen diese Frage auf Grund der obigen Festsetzung prüfen. Die Differenz $4\,m_H - m_{He} = 0{,}028$ übertrifft um ein Mehrfaches den obigen Mindestunterschied von 0,009. Der Heliumkern ist also als stabil zu betrachten, sofern eine vollständige Zerspaltung in Frage kommt. Über die Abspaltung eines Teilkerns kann unsere Rechnung zwar nichts aussagen, aber wegen des großen Massenunterschieds läßt sich doch verstehen, daß der Heliumkern tatsächlich auch gegenüber einer Beeinflussung der Teilkerne beständig ist. Diese Betrachtung findet sich in ganz analoger Weise bei *Harkins* und *Wilson* und dem Verfasser (l. c.).

Will man andererseits den Heliumkern nicht als komplex ansehen, so entsteht die Schwierigkeit, wie der Kern, z. B. des Sauerstoffs, der dann etwa aus 4 einfachen He-Kernen bestehend zu denken wäre, seinen Zusammenhalt finden soll. Man muß dann annehmen, daß die He-Kerne sich bei hinreichender Annäherung anziehen anstatt sich abzustoßen und müßte so den polaren Charakter der Kerne z. T. aufgeben. Hierzu wird man sich, zum mindesten was die Wechselwirkung der Kerne betrifft, nicht ohne Not entschließen. Andererseits ist die Annahme einer komplexen Struktur des Heliumkerns nach dem Obigen sehr wohl zulässig und führt auch wegen der Anwesenheit der Elektronen ohne besondere Hilfsannahme auf die Möglichkeit des Zusammenhalts eines allein aus He-Kernen aufgebauten Kerns. Übrigens macht es *Rutherford*[2]) durch Untersuchung des Stoßvorganges zwischen He- und H-Kernen (Durchgang von RaC-Strahlen durch Wasserstoff) sehr wahrscheinlich, daß der He-Kern komplex ist. Ohne diese Annahme ist die von ihm experimentell festgestellte Tatsache nicht zu verstehen, daß die beim Stoß entstandenen schnellen H-α-Strahlen sich der Richtung des stoßenden α-Teilchens vorzugsweise sehr eng anschmiegen und eine überraschend große Homogenität in den Geschwindigkeiten zeigen.

Mehr als die Frage der Stabilität interessiert naturgemäß diejenige der Unbeständigkeit. Wir können in Unkenntnis der näheren Umstände des Zerfalls zwar nicht angeben, ob in einem bestimmten Fall eine Zerspaltung eintritt, doch können wir dank der relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie wenigstens aus den Atomgewichtsbestimmungen, falls sie in hinreichender Genauigkeit auch für die Spaltprodukte vorliegen, folgern, ob die energetischen Voraussetzungen für den Zerfall jeweils vorliegen. Denn aus dem Energiesatz folgt nach dem Obigen, daß unter dem Einfluß der α-Strahlen (des RaC) Unbeständigkeit *nur* bei solchen Umsetzungen eintreten kann, bei denen die Summe der nötigenfalls relativistisch korrigierten Massen der Endprodukte kleiner oder höchstens gleich ist der Masse des zu zerspaltenden Kerns vermehrt um 0,009, wenn alles in Einheiten der Atomgewichtsskala ausgedrückt wird. Wir wollen die Anwendung davon auf die in *Rutherfords* Versuchen hauptsächlich untersuchten Stoffe N, O und C machen.

b) Unbeständigkeit des Stickstoffkerns.

Das Atomgewicht des Stickstoffs spielt unter den leichten Elementen eine Ausnahmerolle, da es nicht in die Reihen $4n + 3$ paßt, und vielleicht ist es gerade dieser Umstand, der den Zerspaltungseffekt möglich macht. *Rutherford* bemerkt, daß der Stickstoffkern vermutlich aus 3 Helium- und 2 Wasserstoffkernen besteht. Wir wissen bisher nicht, welches Endprodukt bei der Zerspaltung des Kerns entsteht, sondern nur mit großer Wahrscheinlichkeit, daß überhaupt Wasserstoffkerne als Spaltprodukte auftreten. Am wahrscheinlichsten dürfte, auch nach dem Folgenden, die Annahme sein, daß nur *ein* Wasserstoffkern aus dem Verbande des N-Kerns gelöst wird; diesen Fall können wir indessen wegen unserer Unkenntnis des Atomgewichts eines solchen Endprodukts nicht beurteilen.

Ebensowenig ist dies der Fall bei der von *Rutherford* ins Auge gefaßten Möglichkeit, daß ein Kern vom Atomgewicht 2, eines zu Wasserstoff isotopen Elements, abgespalten wird. Können wir zwar mit Hilfe einer später anzugebenden Reichweitenformel von *Rutherford* aus der beobachteten Reichweite von 28 cm, die dann als diejenige der H-Isotope aufzufassen wäre, deren Geschwindigkeit und damit deren kinetische Energie berechnen, so fehlt uns doch jeder Anhaltspunkt für den erforderlichen genauen Wert des Atomgewichts dieser Isotope.

Doch ist es denkbar, daß der N-Kern unter Abgabe von zwei getrennten H-Kernen (etwa eines schnellen und eines langsameren) zum C-Kern abgebaut wird. Wir wollen die energetischen Voraussetzungen hierzu vorerst unter der Annahme prüfen, daß die entstandenen Spaltprodukte (der C- und die beiden H-Kerne) als ruhend angesehen werden können; diese Annahme ist auch der Darstellung zugrunde gelegt, die *Sommerfeld*[1]) in seinem soeben erschienenen Buch gibt. Aus unserer Übersicht der Atomgewichte entnimmt man

[1]) l. c. S. 587.
[2]) l. c. S. 558—561.

[1]) *Sommerfeld*, Atombau und Spektrallinien, S. 535, 1919. Wie ich nach Niederschrift dieser Betrachtungen von Herrn *Sommerfeld* erfahre, hat Herr *Vegard* ihm gegenüber auf die Notwendigkeit hingewiesen, die kinetischen Energien der Spaltprodukte zu berücksichtigen.

$m_C + 2\,m_H - m_N = 0{,}007$. Dieser Massenunterschied ist zwar sehr ungenau wegen der bei m_C und m_N zulässigen Fehler, doch ist es wahrscheinlicher, daß er unterhalb, als daß er oberhalb des Mindestunterschieds 0,009 stabiler Kerne liegt und läßt daher grundsätzlich eine Unbeständigkeit des N-Kerns vermuten. Diese Feststellung bedeutet also, daß energetische Gründe *nicht* gegen die Zerfallsmöglichkeit sprechen. Danach braucht der Zerfall noch nicht tatsächlich in der angenommenen Weise einzutreten, da wir ja nicht in Rechnung gesetzt haben, von welchen etwa energieverbrauchenden Vorgängen (z. B. kinetische Energie der Zerfallsprodukte) der Zerfall begleitet ist. Da wir diese Begleitumstände beim Stickstoffzerfall wenigstens teilweise kennen, so wollen wir sie bei unserer Betrachtungsweise in Rechnung setzen. Es sind also die nachweislich nach dem Zerfall vorhandenen kinetischen Energien, insbesondere diejenige des hochgeschwinden H-Kerns zu berücksichtigen, indem wir vorerst annehmen, daß nur *einer* der beiden H-Kerne eine in Betracht zu ziehende hohe Geschwindigkeit hat. Da man gleichschnelle H-Kerne in reinem Wasserstoff erhält, so kann wie bei *Rutherford* ihre Energie aus einer einfachen Stoßbetrachtung unter Annahme zentralen Stoßes zwischen dem α-Strahl des RaC und dem H-Kern gefunden werden. Es ergibt sich rund ⅝ der Energie des auftreffenden α-Strahls; dem entspricht nach der Relativitätstheorie, in der Skala der Atomgewichte gemessen, ein Zuwachs der Masse des schnellen H-Kerns gegenüber dem ruhenden von 0,006. Mit Bestimmtheit wissen wir bei dem ins Auge gefaßten Spaltungsvorgang nur, daß *ein* schneller H-α-Strahl entsteht; ob sonst noch beträchtliche kinetische Energien nach dem spaltenden Zusammenstoß bestehen, muß dahingestellt bleiben. Wir können also jedenfalls als Bedingung der Zerfallmöglichkeit die Ungleichung zwischen der Energie vor und nach dem Stoß aufstellen:

$$m_N + m_{He} + 0{,}009 \geq m_C + m_{He} + 2\,m_H + 0{,}006.$$

Beim Übergang eines neutralen N-Atoms mit 14 H-Kernen und 14 Elektronen, davon 7 im Kern, in ein neutrales C-Atom werden zwei Elektronen und 2 H-Kerne frei. Man kann also auf beiden Seiten unsrer Ungleichung mit neutralen Atomen rechnen und daher die gewöhnlichen Atomgewichte einsetzen, die ja bei größeren Elektronenverlusten eine Korrektion erfahren müßten. Führt man vorerst nur den hinreichend genau bekannten Wert von m_H ein, so fordert also die Energiebilanz für den Zerfall des N-Kerns:

$$m_N - m_C \geq 2{,}012$$

Das Gleichheitszeichen ist zu nehmen, falls nach dem Stoß keine beträchtlichen kinetischen Energien angenommen werden, außer der des H-α-Strahls; im anderen Falle tritt das >-Zeichen in Kraft. Bei der Ungenauigkeit der Atomgewichtsbestimmung können wir natürlich auch hier wieder nur sagen, ob der spaltende Stoß in den zulässigen Fehlergrenzen, bei bestimmter Annahme über die Energien nach dem Stoß, möglich ist. Unsere obigen Werte für die Atomgewichte liefern $m_N - m_C = 2{,}008$, die zulässigen Fehler sind jedoch so groß, daß die Differenz wohl bis 2,015 betragen könnte. Hiermit ist unsere obige Ungleichung nur dann verträglich, wenn außer dem H-α-Strahl nach dem Stoß keine beträchtlichen Energien angenommen werden. Insbesondere ist es nicht zulässig, anzunehmen, daß beim Zerfall *zwei* hochgeschwinde H-α-Strahlen entstehen oder, daß zwar nur *ein* solcher entsteht, aber der ankommende He-α-Strahl seine Energie nicht in der Hauptsache an diesen abgibt.

Da uns hiernach die Energiebilanz stark an die Grenzen der zulässigen Fehlerbereiche der Atomgewichte führt, so möchten wir es als wahrscheinlich betrachten, daß der spaltende Stoß nicht, wie hier vorausgesetzt, zwei, sondern nur einen H-Kern aus dem Verbande des N-Kerns löst. Es mochte bei unserer Überlegung indessen nicht uninteressant sein, zu sehen, daß man sich im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Helium im Falle des Stickstoffs schon nahe an der Grenze der Instabilität befindet. Man wird hieraus das Vertrauen schöpfen, daß der vermutlich nur unter Abspaltung *eines* H-Kerns verlaufende wirkliche Zerfallsprozeß des N-Kerns tatsächlich auf dem hier beschrittenen Weg verstanden werden kann, wenn man nur erst einmal die Natur und die Geschwindigkeit der Zerfallsprodukte genauer kennt.

Entsprechend der Bedeutung, die dem Sauerstoff und Kohlenstoff in den Rutherfordschen Versuchen zukommt, wollen wir die energetischen Voraussetzungen für einen Zerfall auch bei diesen Elementen prüfen.

c) Stabilität bei Sauerstoff und Kohlenstoff.

Die Kerne O und C gehören zur Reihe $4n$ und sind daher vermutlich aus Heliumkernen aufgebaut, die zwar selbst komplexen Charakter haben, aber im Gesamtkern doch eine mehr selbständige Rolle zu spielen scheinen. Hierauf läßt insbesondere die Kleinheit der Differenzen $4\,m_{He} - m_O$ und $3\,m_{He} - m_C$ schließen gegenüber denjenigen von $16\,m_H - m_O$ und $12\,m_H - m_C$. Wir werden uns also fragen, ob bei O und C die energetischen Vorbedingungen für die Abspaltung eines He-Kerns vorliegen. Dies ist leider nur im Fall einer hypothetischen Zerspaltung des O-Kerns in einen C- und He-Kern möglich, da nur hier die Atomgewichte der Endprodukte bekannt sind. Es ist $m_C + m_{He} - m_O = 0{,}004$ mit einem Fehlerbereich, der jedoch schwerlich einen Wert über 0,009 zuläßt. Demnach ist diese Abspaltung energetisch möglich. Beim Abbau des C-Kerns und auch des N-Kerns, wenn man die Zerspaltung eines He-Kerns in Erwägung zieht, sind die Endprodukte (vom Atomgewicht 8 bzw. 10) nicht bekannt.

Gesetzt den Fall, die Zerspaltung des O-Kerns

liege in der Natur tatsächlich vor, müßte dann bei *Rutherfords* Versuchen dieser Vorgang nicht beobachtet werden? Diese Frage ist zu verneinen, wenn zur Zerspaltung Energieaufwand nötig ist, zu bejahen, falls der Zerspaltungsprozeß unter Energieabgabe verläuft. Es ist ja der abgespaltene Kern seiner korpuskularen Natur nach identisch mit dem α-Strahl des RaC; er kann also nur bei Vorliegen größerer Reichweite, also größerer Geschwindigkeit, von den übrigen α-Strahlen unterschieden werden, abgesehen davon, daß bei *Rutherford* überhaupt nur eine Unterscheidung hinsichtlich der Reichweite vorgenommen wird. Dazu aber muß ihm bei der Zerspaltung außer der etwa durch Stoß übernommenen Energie des ankommenden α-Strahls noch ein weiterer aus dem ursprünglichen Kern stammender Energiebetrag zugeführt worden sein, d. h. es muß sein $m_C + m_{He} < m_O$ eine Annahme, gegen die sich wegen der Fehlerbereiche der Atomgewichte nichts aussagen läßt.

Bei *Rutherfords* Versuchen am Sauerstoff und Stickstoff wurden tatsächlich Strahlen beobachtet, deren Reichweite größer war als die der auffallenden Strahlen, nämlich 9 cm gegen 7 cm der α-Strahlen des RaC. Dagegen zeigte Kohlenstoff (in CO_2) keine derartige Anomalie. Entgegen einer sogleich zu besprechenden Rutherfordschen Erklärungsweise der weitreichenden Strahlen in O und N *möchte ich nun auf die Möglichkeit hinweisen, diese Strahlen als He-α-Strahlen zu deuten, die ihre höhere Energie dem Abspaltungsprozeß eines He-Kerns aus dem O- bzw. N-Kern verdanken.* Bei der Ungenauigkeit der Atomgewichte kann gegen eine derartige Annahme vom Standpunkt unserer Energie-Massenbilanz nichts ausgesagt werden. Betrachtet man He-α-Strahlen verschiedener Geschwindigkeit, so verhält sich bekanntlich ihre kinetische Energie wie die ⅘te Potenz ihrer Reichweite; im obigen Fall ist also die Energie des Spaltstrahls in Masseneinheiten der Atomgewichtsskala ausgedrückt, um

$$((9/7)^{\frac{4}{3}} - 1) \cdot 0{,}009 = 0{,}0016$$

größer als die des spaltenden Strahls. Es ist nicht erforderlich, numerische Nachprüfungen anzustellen, um zu erkennen, daß ein so kleiner Energieposten wegen der weiten Fehlergrenzen der Atomgewichte bei unserer Energiebilanz nicht ins Gewicht fällt. Bei dieser Auffassung besteht freilich eine Schwierigkeit darin, anzunehmen, daß das Endprodukt energieärmer, also stabiler ist als der ursprüngliche Kern. Doch findet sich die gleiche Schwierigkeit bei den radioaktiven Elementen; allerdings findet hier ein selbsttätiger Übergang in die energieärmere Form statt. Ob die Existenz selbsttätigen Zerfalls eine notwendige Folge einer solchen positiven Energiedifferenz ist, bleibe dabei dahingestellt.

Rutherfords Erklärungsweise stützt sich wesentlich auf eine für α-Strahlen beliebiger Herkunft und Natur geltende Reichweitenformel, die er in speziellerer Form aus einer Bohrschen Betrachtung ableitet, die wir aber sogleich in allgemeinster von ihm angewendeter Form angeben wollen. Sei R die im gleichen Medium, z. B. in Luft, gemessene Reichweite dieser Strahlen, M, E, V ihre jeweilige Masse, Ladung und Geschwindigkeit, so findet er:

$$R = \alpha \cdot \frac{M}{E^2} \cdot V^3.$$

Darin bedeutet α eine nur noch von der Natur des durchlaufenen Mediums abhängende Konstante; sie kann etwa bestimmt werden durch Einsetzen der bekannten Daten für die α-Strahlen des RaC. Statt der dritten Potenz der Geschwindigkeit setzt *Rutherford* die 2,85te Potenz, wofür sich empirische Gründe angeben ließen.

Nun nimmt *Rutherford* an, daß die schnellen Strahlen in Sauerstoff aus *O-Atomen*, d. h. O-Kernen mit Elektronenhülle bestehen. Aus einer einfachen Stoßbetrachtung entnimmt er dann, daß die Geschwindigkeit der O-Atome höchstens gleich 0,4 der der stoßenden He-α-Strahlen ist. Einsetzen dieses Wertes und desjenigen für die Masse M ergibt unter Annahme einer Ladung E des O-Atoms für das Verhältnis der Reichweite R_O des O-Atoms zu derjenigen R_{He} des He-α-Strahls $R_O : R_{He} = 4 \cdot (0{,}4)^3 \cdot 4/E^2 \sim 1/E^2$, wenn E in Einheiten der positiven Elementarladung ausgedrückt wird. Mit Rücksicht auf die Potenz 2,85 statt 3 ergeben sich bei *Rutherford* ein wenig größere Werte; für $E = 1$ hat man $R_O/R_{He} = 1{,}1$, d. h. $R_O = 7{,}8$ cm. Nur wenn die Ladung des O-Atoms gleich 1 gesetzt wird, kann formal aus obiger Reichweitenbeziehung etwa die zu fordernde große Reichweite von 9 cm erreicht werden. Abgesehen davon, daß es zweifelhaft erscheint, ob die Bohrsche Betrachtung, die sich auf punktförmig konzentrierte Ladung des α-Teilchens bezieht, die große bei *Rutherford* vorgenommene Extrapolation zuläßt, liegt eine große Schwierigkeit für die physikalische Auffassung darin, anzunehmen, daß das O-Atom imstande sein soll, unbehelligt seine Elektronenhülle bis auf ein Elektron mit sich durch das Gas hindurchzuführen. Um so größer wäre allerdings der Gewinn an physikalischer Einsicht, wenn sich *Rutherfords* Auffassung an Hand weiterer Versuche bestätigen sollte.

Für N und C ergeben sich aus der gleichen Rutherfordschen Berechnungsweise $R_N = 9{,}3$ cm, $R_C = 11{,}2$ cm. Wie schon bemerkt, zeigt der Kohlenstoff nicht die hiernach zu erwartende Anomalie; deshalb nimmt *Rutherford* an, daß es keine einfach geladenen C-Atom-α-Strahlen gibt. Nach unserer obigen Formel nimmt ja die Reichweite umgekehrt mit dem Quadrat der Ladung ab. Ein O-, N- oder C-*Kern*, als den wir am ehesten die betreffenden α-Strahlen vermuten würden, hätte also wegen der hohen Ladung eine gegen die des RaC-α-Strahls verschwindende Reichweite.

Läßt man schon zu, daß die Elektronenhülle des Atoms mitgeführt wird, so könnten auch ungeladene α-Strahlen existieren. An der Rutherfordschen Formel beurteilt, müßte deren Reichweite jedenfalls außerordentlich groß sein; solche sind aber nicht beobachtet. Aus diesen Gründen haben wir im obigen versucht, die Entstehung der weitreichenden Strahlen in O (bzw. N) in anderer Weise zu deuten.

4. *Elementare Ableitung der Rutherfordschen Reichweitenformel.*

Bei der Bedeutung, die der obigen Formel in *Rutherfords* Betrachtungen zukommt, mag der hier mitzuteilende Versuch nicht uninteressant sein, die wichtige Beziehung mit einem Minimum von theoretischen Voraussetzungen und unter möglichst weitgehender Benutzung empirischer Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, während sie bei *Rutherford* aus einer theoretischen Untersuchung von *Bohr*[1]) über die Geschwindigkeitsabnahme der α-Strahlen gefolgert wird.

Wir setzen als bekannt und für alle Medien gültig voraus die empirisch ermittelte Beziehung zwischen der vom α-Strahl schon zurückgelegten Strecke r, seiner maximalen Reichweite R und der an der Stelle r noch herrschenden Geschwindigkeit v, nämlich[2]) $a\ (R-r) = v^3$. Der Faktor a soll im folgenden näher bestimmt werden. Bezeichnet man mit W die kinetische Energie des α-Strahls an der Stelle r, so kann man leicht durch Differentiation aus diesem Gesetz die Energieabnahme des α-Strahls pro Zentimeter ableiten:

$$\frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}r} = \frac{a \cdot M}{3} \cdot \frac{1}{r}.$$

Wenn man sich vorstellt, daß diese Energieabnahme durch Ionisation des durchlaufenen Mediums zustande kommt, so hat man also nur die Zahl der gebildeten Ionen zu beurteilen. Es mögen nun α-Strahlen von zwar gleicher Ladung und Geschwindigkeit, aber von verschiedener Masse durch das gleiche Medium geschickt werden; in jedem Fall soll aber die Energie des Strahls so groß sein, daß der Energieverlust bei einem Ionisationsakt dagegen völlig verschwindet. Dann wird also auf eine kurze Strecke die Geschwindigkeit des α-Teilchens nahezu ungeändert sein. Nun kann offenbar die Zahl der Ionisierungsprozesse nur abhängen von den elektrischen Kräften und der raumzeitlichen Lage des α-Teilchens gegenüber den Atomen des durchlaufenen Mediums. Von den Teilchen gleicher Ladung und Geschwindigkeit und verschiedener Masse werden also auf der Strecke dr gleichviele Ionisationsprozesse verursacht werden, d. h. dW/dr muß von der Masse unabhängig sein und demnach a prop. $1/M$.

Schwieriger ist es, bei gleicher Masse und Geschwindigkeit den Einfluß verschiedener Ladung zu beurteilen. Wir können bloß allgemein vermuten, daß mit zunehmender Ladung die Zahl der Ionisationsprozesse zunimmt. Sei e die Ladung des Elektrons und E die des Teilchens, so wird man daher ansetzen $a = \frac{1}{M} f\left(\frac{E}{e}\right)$ und wird versuchen, die Funktion möglichst einfach zu wählen und im Anschluß an vorliegende Daten zu bestimmen. Als solche wollen wir die Reichweite R_H der H-α-Strahlen heranziehen, die in Luft 28 cm beträgt, und sie zu derjenigen der He-α-Strahlen des RaC von $R_{He} = 7$ cm Reichweite in Vergleich setzen. Die beim Zusammenstoß entstehende maximale Geschwindigkeit V der H-α-Strahlen ist, wie eine einfache bei *Rutherford* durchgeführte Stoßbetrachtung lehrt, 1,6 mal der Geschwindigkeit V_0 der H_e-α-Strahlen. Durch Einsetzen dieser Werte in unsere Ausgangsbeziehung $a R = V^3 = \frac{R}{M} \cdot f\left(\frac{E}{e}\right)$ und Berechnung von $R_H : R_{He}$ finden wir so, daß nahezu $f(2) = 4 f(1)$, d. h. man wird f prop. $(E/e)^2$ setzen und gelangt damit zu dem Rutherfordschen Ausdruck. Die Rutherfordsche Potenz 2,85 statt 3 ist so gewählt, daß exakt $f(2) = 4 f(1)$ herauskommt.

Zusammenfassung.

Indem wir nachdrücklich auf die in der Natur der Sache liegende Unsicherheit unserer obigen Betrachtungen hinweisen, wollen wir zusammenfassend als Ergebnis des Vorstehenden folgendes feststellen:

1. *Rutherfords* Ergebnisse legen die Annahme nahe, daß gemäß der *Prout*schen Hypothese die Kerne aus H-Kernen (und Elektronen) aufgebaut sind. Die Abweichung der Atomgewichte von den Vielfachen des Wasserstoffs kann gemäß der relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie als Verschiedenheit der Energieinhalte gedeutet werden.

2. Es werden die energetischen Voraussetzungen für Beständigkeit bzw. Zerspaltbarkeit eines Kerns entwickelt. Die Anwendung auf den He-Kern macht dessen Stabilität verständlich. Diejenige auf Stickstoff ist weniger eindeutig, doch läßt sie die Unbeständigkeit dieses Kerns durchaus erklärlich erscheinen.

3. Auch bei Sauerstoff liegen die energetischen Voraussetzungen für einen Zerfall vor. Es wird im Gegensatz zu *Rutherfords* Auffassung eine Deutung der weitreichenden Strahlen in Sauerstoff als hochgeschwinde H_e-α-Strahlen (Produkte einer O-Zerspaltung) in Vorschlag gebracht.

4. Die Rutherfordsche Reichweitenformel wird in ihrer Anwendung auf die weitreichenden Strahlen in Sauerstoff kritisch geprüft und eine elementare Ableitung der Formel angegeben.

---

[1]) *N. Bohr*, Phil. Mag. 25, S. 10, 1913.

[2]) Vgl. Handbuch der Radiologie Bd. *II*, *E. Rutherford*, Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, S. 119, 1913.

Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie Institution von 1916 bis 1918.

Von A. Nippoldt und K. Kähler, Berlin-Potsdam.

Im Anschluß an die früheren Mitteilungen in dieser Zeitschrift[1]) über die Arbeiten der erdmagnetischen Abteilung der Carnegie Institution bringen wir hier das Wesentlichste über ihre spätere Tätigkeit, und zwar an Hand der soeben eingelaufenen Jahresberichte des Direktors *L. A. Bauer* über die Kriegsjahre 1916, 1917 und 1918. Da in immer größerem Umfang luftelektrische Arbeiten zu den magnetischen hinzugetreten sind, und gerade ihnen ein besonderer Wert zuzumessen ist, wird die Besprechung in einen den magnetischen und einen den elektrischen Arbeiten gewidmeten Anteil getrennt.

A. Allgemeines und Erdmagnetismus.

Das schwimmende magnetische Observatorium, d. i. das eisenfreie Vermessungsschiff „Carnegie", konnte in den ersten Kriegsjahren seine Arbeiten auf dem Meere fortsetzen, nur von März bis November 1917 war es genötigt, in Buenos Aires vor Anker zu liegen. Die Zeit hat die Besatzung benutzt, um im Hinterland magnetische Aufnahmen durchzuführen. Von den Einzelreisen ist die bemerkenswerteste eine volle Umsegelung der Südpolarkappe etwa in der Höhe des 50. Breitenkreises; auf dieser Reise fanden sich südwestlich von Australien die größten Fehler der seither gültigen magnetischen Kartenwerke; sie gehen hier bis zu 16 ° in Deklination. Der große Ozean wurde wiederum zweimal durchfahren. Kreuzungen mit früheren Routen der „Carnegie", der „Galilee" oder anderen Expeditionen lieferten neue Werte der Säkularvariation, auf deren seither ungenügender Kenntnis die Kartenfehler in erster Linie beruhen.

Die von der Carnegie Institution vorgenommenen oder unterstützten Beobachtungen an Land sind ebenfalls erheblich gefördert worden, so besonders in China, im Kongostaat, auf den australischen Inseln, Südamerika, Deutsch-Südwestafrika und Westaustralien. In Westaustralien wurde ein neues magnetisches Observatorium eingerichtet; für ein weiteres in Peru sind die Vorarbeiten in Angriff genommen.

Von den „Ergebnissen" ist in dieser Zeitschrift der 2. Band ausführlich besprochen worden. Band III erschien 1917 und enthält die Beobachtungen auf der Galilee und jene auf der Carnegie aus den Jahren 1909—16 sowie die genaue Beschreibung der neuartigen Schiffsmagnetometer; der Band IV ist im Druck.

Die erste magnetische Aufnahme der Weltmeere wird jetzt als beendet erklärt. Weiterhin soll nur die Säkularvariation an geeigneten Punkten unter Überwachung gehalten werden. Für die der Carnegie unzugänglichen Polarmeere soll anderweit Vorkehrung für ihre Vermessung getroffen werden. Die Veröffentlichung neuer magnetischer Weltkarten steht bevor.

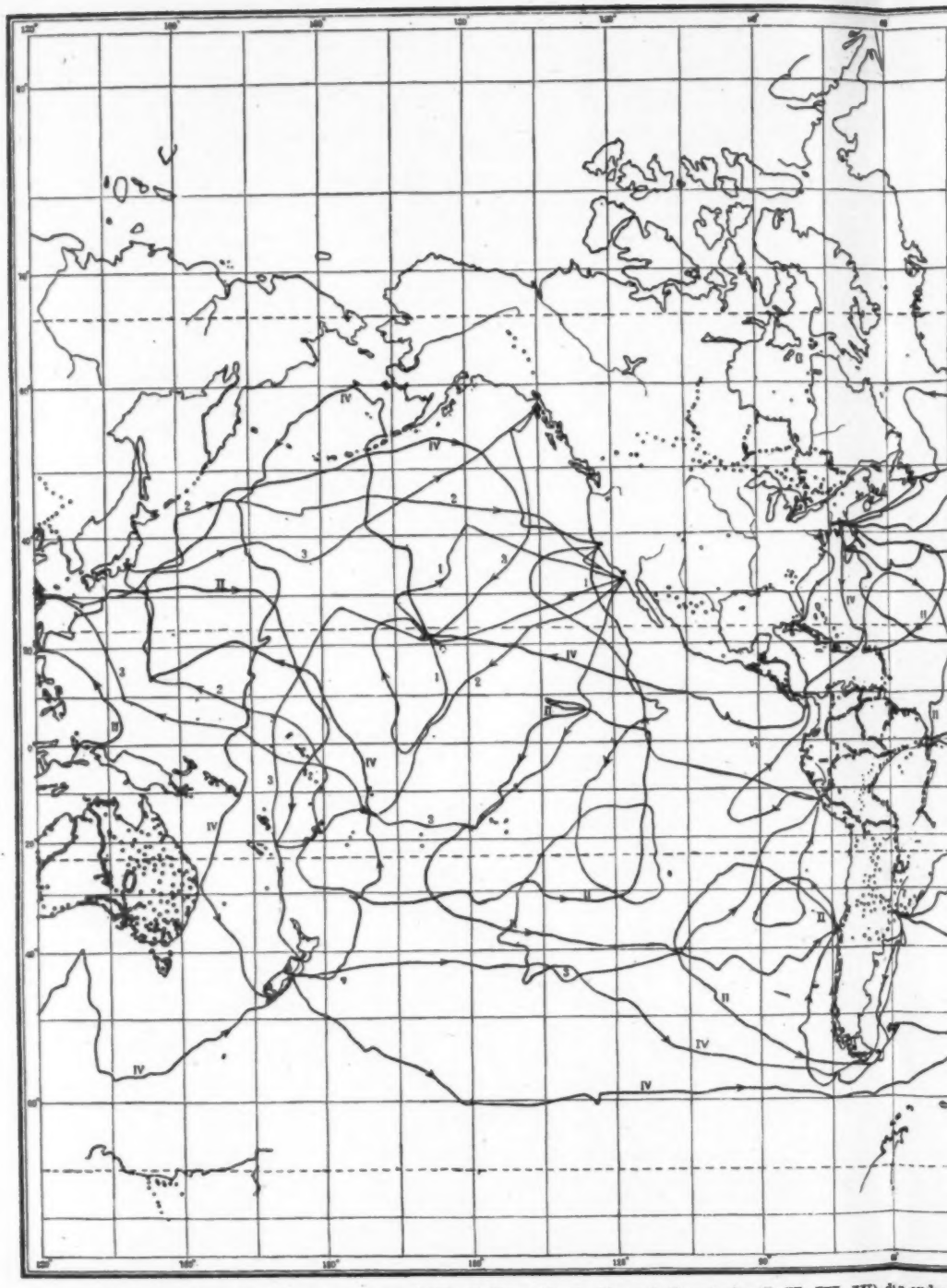
Der Jahresbericht enthält eine Fülle von Mitteilungen über Untersuchungen wissenschaftlicher Einzelfragen. So findet *L. A. Bauer* eine enge Beziehung zwischen dem magnetischen Feld auf der Erde und der Sonnenstrahlung. In 80 % ist mit einer steigenden Intensität der Solarkonstante eine Abnahme der Intensität des magnetischen Feldes verbunden, und zwar liegt die Ursache außerhalb der Erde, ist also nicht ein thermischer Effekt auf den Erdkörper. Im übrigen würden durch die in der Meteorologie angewandten Methoden zur Messung der Sonnenstrahlung deren Energieumsetzungen nicht voll erfaßt: es müsse das Magnetometer hinzutreten. Auch die Flecken- und Fackelhäufigkeit, die Calciumflocken usw. gäben kein so volles Bild wie die Messungen der Solarkonstanten nach *Abbots* Verfahren auf dem Mount Wilson.

Die steten, bisher leider immer noch einer vollen Befriedigung entbehrenden Bemühungen, das Wesen der Erdmagnetisierung zu ergründen, finden wichtige Förderungen in verschiedenen Arbeiten. So betrachtet *W. F. G. Swann* das in der Umgebung einer geladenen Kugel bei der Rotation entstehende magnetische und elektrische Feld. Es könnte sein, daß die Zentrifugalkraft die freien Elektronen von der Achse forttreibt, bis die damit entstehenden elektrostatischen Kräfte gegen den Atomrest Gleichgewicht hervorrufen. Auch könnte die Schwerkraft sie gegen das Erdzentrum treiben. Beides wäre mit einem magnetischen Feld äquivalent. Die Größenordnung der Felder ergibt sich aber zu klein und auch der Sinn der Einwirkung nicht in Einklang mit den tatsächlichen Verhältnissen auf der Erde. Besser sieht es mit der Annahme eines *Thomson*effekts aus, der wegen des Temperaturgefälles zwischen Erdinnern und Rinde vorhanden sein muß; hier ist wenigstens qualitativ die Wirklichkeit wiederzugeben. *Bauer* befaßt sich mit der verwandten Aufgabe des Planetenmagnetismus. Indem er das magnetische Moment der Himmelskörper als eine Funktion ihrer Winkelgeschwindigkeit, Dimensionen, Dichte und Schwerebeschleunigung darstellt, bekommt er die Verhältnisse der Momente zu einem Vergleichskörper (der Sonne oder der Erde). Danach hat der Merkur 0,2, Jupiter 68, Saturn 24 × Moment der Erde. Die Sonne hat, nach *Hales* neuesten Messungen, das Feld 40 × Erde. Mithin ist Jupiter noch stärker magnetisiert als die Sonne[1]).

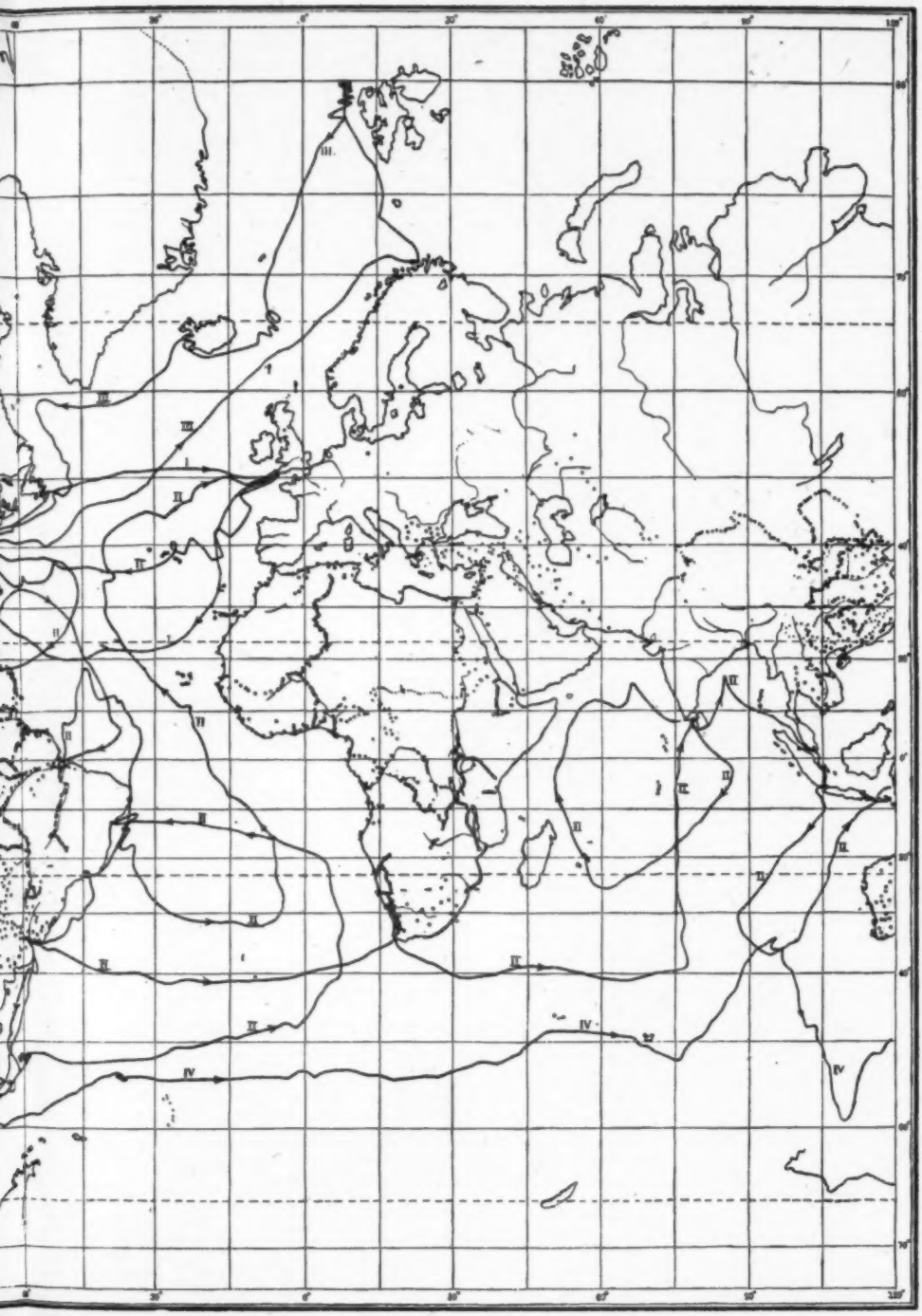
Bauers Untersuchungen über den Einfluß der totalen Sonnenfinsternis auf den Erdmagnetismus bestätigen die Erfahrung früherer Untersuchungen, daß innerhalb der Totalitätszone und

[1]) Zuletzt Bd. 4, 124—125, 1916.

[1]) *Bauer* erwähnt noch den alten, jetzt verbesserten Wert 80 × Erde.



Die Reisewege der Vermessungsschiffe Galilee (1, 2, 3) und Carnegie (I, II, III, IV) der erdm
Die vereinzelten Punkte bedeute



7) der erdmagnetischen Abteilung der Carnegie Institution von 1905 bis 1918 (Oktober).
kte bedeuten Landstationen.

nur in ihr eine kleine aber deutliche Variation stattfindet, die von der Art des üblichen Einflusses der Nacht ist. Das Material bildeten diesmal die Beobachtungen am 21. August 1914 und am 8. Juni 1918; namentlich die zweite Finsternis, deren Totalitätszone mitten durch die Union lief, vertieft unsere Kenntnisse in dieser Frage beträchtlich.

Neben der überwiegenden elektrischen Strahlung der Sonne kommt sicher auch noch die ultraviolette als Ionisator der obersten Luftschichten in Betracht. *W. F. G. Swann* untersucht ihre Beteiligung quantitativ und findet, daß nur $1{,}6 \cdot 10^{-5}$ der totalen Sonnenstrahlung ionisierend wirkt. Von der Leitfähigkeit, welche *A. Schuster* abschätzte, um damit die täglichen Veränderungen des erdmagnetischen Felds zu erklären, bringt die ultraviolette Bestrahlung danach nur 10^{-3}. Dieser Wert wird aber größer, wenn statt einer 300 km dicken Kugelschale die ganze Atmosphäre berücksichtigt wird.

Aus der Fülle des weiteren Materials sei nur kurz hervorgehoben, daß wir noch wertvolle Angaben über Konstruktion neuer Instrumente, z. B. eines Galvanometers für Beobachtungen an Bord vorfinden, ferner Vergleichsmessungen mit anderen Observatorien und anderen Reiseunternehmungen, daß an den Bau eines eisenfreien Luftschiffs für magnetische Messungen gedacht wird (hier wird besonders auf *Bidlingmaiers* dynamische Deviation des Schiffskompasses hingewiesen) und daß schließlich auch der vertikalen Komponente des Erdstroms die lange versagte Aufmerksamkeit entgegen gebracht wird.

Hierzu kommen noch die wichtigen zahlenmäßigen Ergebnisse der Vermessungsreise, besonders eine Tabelle der Säkularvariationen auf dem Meer.

B. Luftelektrizität.

Schon seit Beginn der magnetischen Ozeanmessungen war die magnetische Abteilung der Carnegie-Institution bestrebt, auch andere wissenschaftliche Untersuchungen in ihr Arbeitsprogramm aufzunehmen. „In engem Zusammenhang mit dem Erdmagnetismus steht die Erdelektrizität, welche die Erdströme, die Erdladung und das Leitvermögen der Luft umfaßt.“ Luftelektrische Beobachtungen auf den großen Wasserflächen der Erde sind ganz besonders wichtig, nicht nur weil die Ozeane den größten Teil der Erdoberfläche bedecken, sondern auch weil man auf ihnen frei von den vielen störenden Einflüssen über Land ist. Je mehr die magnetische Vermessung sich ihrem Abschluß näherte, um so mehr traten die luftelektrischen Messungen in den Vordergrund. Hand in Hand damit ging eine Vervollkommnung der Meßgeräte. Auch auf der Basisstation in Washington ist mit photographischen Registrierungen des Potentialgefälles Luft — Erde und des Leitvermögens begonnen worden.

L. A. Bauer und *Swann* besprechen im Bericht für 1916 sowie ausführlicher im III. Band der Veröffentlichungen der Carnegie-Institution (1917) die gesamten Ergebnisse luftelektrischer Beobachtungen auf der „Galilee“ 1907—1908 und auf der „Carnegie“ seit 1909. Im Bericht für 1917 setzt *Swann* diese Mitteilungen fort. Vor allem die 4. Fahrt der „Carnegie“ 1915—1917 hat eine Reihe wertvoller Resultate gebracht. Für die luftelektrischen Messungen und zur Unterbringung der Instrumente wurde auf dem Schiff ein eigenes Beobachtungshaus erbaut. Außer den meteorologischen Elementen (Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Bewölkung und Wind) sind regelmäßig täglich mindestens einmal fortlaufend 6 luftelektrische Elemente gemessen worden:

Die magnetometrische Arbeit der Schiffe Galilee und Carnegie von 1905—1918 (Juni).

Name des Schiffes und Nummer der Expedition	Anzahl der		Anzahl der ausgeführten Messungen			Mittl. Zeitabstand zweier Messungen — in Tagen			Mittlerer Ortsabstand zweier Mess. — in Meilen		
	Exped.-tage	zurückgelegten Seemeilen	Deklination	Inklination	Horizontalintensität	Deklination	Inklination	Horizontalintensität	Deklination	Inklination	Horizontalintensität
Galilee:											
Expedition I, 1905	92	10 571	74	58	59	1,2	1,6	1,6	143	182	179
„ II, 1906	168	16 286	95	88	91	1,8	1,9	1,8	171	185	179
„ III, 1906/08 ...	334	36 977	156	169	171	2,1	2,0	2,0	237	219	216
Insgesamt für *Galilee* ...	594	63 834	325	315	321	1,8	1,9	1,9	196	203	199
Carnegie:											
Expedition I, 1909/10 ...	96	9 600	98	68	69	1,0	1,4	1,4	98	141	139
„ II, 1910/13 ...	798	92 829	858	648	643	0,9	1,2	1,2	108	143	144
„ III, 1914	84	9 560	108	81	80	0,8	1,0	1,0	89	118	119
„ IV, 1915/17 ...	487	63 401	867	480	479	0,6	1,0	1,0	73	132	132
„ V, 1917/18 ...	122	13 786	224	116	116	0,5	1,1	1,1	62	119	119
Insgesamt für *Carnegie*..	1587	189 176	2155	1393	1387	0,7	1,1	1,1	88	136	136
Insgesamt für *Carnegie* und *Galilee*.....	2181	253 010	2480	1708	1708	0,9	1,3	1,3	102	148	148

1. *Die Größe des elektrischen Feldes der Erde über den Ozeanen.* Die älteren Messungen des Potentialgefälles ergaben nur unsichere relative Werte, weil das Feld um das Schiff infolge der Schiffsbewegungen, der Veränderungen der Segel usw. steten Schwankungen unterworfen war. *Swann* bediente sich zur absoluten Messung eines Kunstgriffes, den schon *Angenheister* im Indischen Ozean angewandt hatte, und der auf der Influenzwirkung einer sog. „mechanischen Elektrode" beruht: Der am Querarm eines Bambusstabes am Heck des Schiffes angebrachte Ionium-Kollektor wird schnell um 180° gedreht, und aus dem Ausschlag des mit ihm verbundenen Elektrometers das Potentialgefälle berechnet. Die Reduktionsmessungen auf die freie Ebene sind wie bisher im Hafen mit Hilfe von gleichzeitigen Landbeobachtungen ausgeführt worden. Auf diese Weise wurden zum ersten Mal einwandfreie und sich über eine längere Zeit erstreckende Werte des Potentialgefälles auf den Ozeanen erhalten. Als Mittelwert für das Sommerhalbjahr 1915 auf dem Stillen Ozean fand sich 109 Volt pro Meter, bei der Umsegelung der Erde in etwa 50° südl. Breite 1915/16 119 Volt und von Mai 1916 bis März 1917 auf dem Stillen Ozean 134 Volt, also Werte, die kaum kleiner sind als die in gleicher Breite über Land gefundenen. Der tägliche Gang des Potentialgefälles ergab eine flache Doppelwelle von etwa ein Drittel der Amplitude wie auf dem Festland, bisweilen auch eher eine einfache tägliche Periode.

Interessant ist das Ergebnis, daß negative Felder über dem Ozean auch bei Regen, wo sie bekanntlich über Land regelmäßig auftreten, selten sind. Die Lenardwirkung ist also über Wasser nicht vorhanden oder kehrt sich infolge des Salzgehalts des Meerwassers im Vorzeichen um.

2. *Das elektrische Leitvermögen der Luft über den Ozeanen.* Messungen mit dem Gerdienschen Apparat liegen schon seit den ersten Fahrten der „Galilee" und „Carnegie" vor. Jetzt ist der Apparat fest in das Dach des luftelektrischen Beobachtungshauses eingebaut und auch sonst sind alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, um Fehler zu vermeiden, die ja, wie *Swann* und *Hewlett* gezeigt haben, unter Umständen recht beträchtlich werden können. Die Ergebnisse der drei Meßperioden der 4. Fahrt sind für das Gesamtleitvermögen 2,7, 2,4 und $2{,}4 \times 10^{-4}$ elektrostatische Einheiten, also ebenfalls von derselben Größenordnung wie über Land. Das Verhältnis des positiven zum negativen Leitvermögen war etwa 1,2.

Aus dem Potentialgefälle und dem Leitvermögen ergibt sich ein mittlerer vertikaler Leitungsstrom Luft—Erde von 3,1 bis $3{,}2 \times 10^{-16}$ Amp. auf 1 qcm. Das sind Werte, die eher noch größer sind als auf dem Festland.

Im Bericht von 1917 beschreibt *Swann* eine photographische Registriervorrichtung des Gerdienschen Apparates zur Messung des Leitvermögens. Den durch die radioaktiven Bestandteile der Luft entstehenden Fehler bestimmt er durch einen vorgeschalteten zeitweise aufgeladenen Hilfskondensator. Dadurch kann er gleichzeitig Schlüsse auf die Träger mittlerer Beweglichkeit (etwa 0,1 cm/sek für 1 Volt/cm) ziehen. Es ergibt sich, daß diese Träger in Washington oft nachts und bei Regen in ungeahnt großen Mengen vorhanden sind.

3. *Die Anzahl der leichtbeweglichen Träger (Ionen) über den Ozeanen.* Die Messungen wurden mit dem Ebertschen Aspirationsapparat, der ebenfalls in das Beobachtungshaus fest eingebaut ist, ausgeführt. Die große Meßzeit von 15 und mehr Minuten wird dadurch stark verringert, daß nicht wie üblich die Achse, sondern der von einem Erdschutz umgebene Außenzylinder aufgeladen und das Heranwandern der Träger an die Achse mit einem empfindlichen Einfadenelektrometer gemessen wird. Für die Anzahl der positiven Träger im ccm ergaben sich 1915—1917 die Zahlen 811, 792 und 804; für die negativen 692, 651 und 589, also recht hohe Werte. Aus der Zahl 800 folgt, daß in der Luft über dem Stillen Ozean von den Elektrizität erzeugenden Kräften pro ccm und Sekunde dauernd 1½ Träger erzeugt werden. Der tägliche Gang der Trägerzahl weist einen flachen Tiefstwert gegen Mitternacht, einen ebenso flachen Höchstwert von 2 bis 6 Uhr nachmittags auf. Diese Schwankung ist also viel geringer als über Land, wo doppelte und dreifache Tagesgänge die Regel sind.

Die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven und negativen Träger ergab sich nach der Macheschen Methode bei beiden zu etwa 1,3 cm/sek für ein Feld von 1 Volt/cm.

4. *Die Messung der durchdringenden Strahlung* erfolgte in einem geschlossenen Metallgefäß von 27 Litern Inhalt mit Einfadenelektrometer. Im Jahre 1915/16 fand sich der Mittelwert 3,8 Träger pro ccm und Sekunde, 1916/17 3,4 gegenüber einem Mittelwert über dem Festland von etwa 6. Die durchdringende Strahlung ist also zwar wesentlich kleiner als über dem Festlande, kommt aber für die Elektrisierung der Luft über Wasser noch stark in Betracht. Schätzungsweise entfallen von den 3½ Trägern etwa 1½ auf die von außen aus der Atmosphäre durch das Metall des Meßgefäßes dringende Strahlung, der Rest (2) ist Eigenstrahlung des Meßgefäßes.

5. *Gehalt der Luft über den Ozeanen an radioaktiven Stoffen.* Bei den ersten Fahrten war nach der Elster- und Geitelschen Methode mittelst ausgespannter negativ geladener Kupferdrähte die „Aktivierungszahl" bestimmt worden. Dann hatte *Swann* sich bemüht, diese relative Methode in eine absolute zu verwandeln. Jetzt wird auf der „Carnegie" nach dem Gerdienschen Verfahren gemessen, indem die Luft in einen Zylinderkondensator mit negativ geladener Achse gesaugt wird. Diese Metallachse wird nachher abgerollt und in einer „Ionisierungskammer" auf ihr Leitvermögen untersucht. So fand sich im Sommer 1915 ein

Emanationsgehalt der Ozeanluft von $3{,}3 \times 10^{-15}$ Curie pro ccm[1]), 1915/16 während der Erdumsegelung in 50°—60° s. Br. nur 0,4 und 1916/17 wieder auf dem Stillen Ozean 2,8. Da der über dem Festland in Europa und Nordamerika gemessene Emanationsgehalt der Luft etwa 80×10^{-15} Curie/ccm beträgt, ist also die Ozeanluft ganz arm an radioaktiven Bestandteilen. Sie können nur sehr wenig beitragen zu der aus der Trägerzahl berechneten Ionisierungsstärke von 1½ Trägern pro ccm und Sekunde.

6. *Der Gehalt des Meereswassers an radioaktiven Stoffen.* *Hewlett* veröffentlicht im Bericht 1917 die Ergebnisse von Bestimmungen des Emanationsgehalts des Wassers, die nach der Jolyschen Methode an eingedampften Salzproben ausgeführt wurden. Danach ist mitten im Stillen Ozean der Gehalt gleich Null, während andere Beobachter in der Nähe von Küsten etwa 10^{-15} Curie pro ccm gefunden hatten.

Schlußfolgerungen. Die Messungen auf der „Carnegie" haben also das wichtige Ergebnis geliefert, daß Potentialgefälle Luft gegen Erde, Leitvermögen der Luft, Leitungsstrom von Luft zur Erde und Anzahl der leichtbeweglichen Träger über den großen Wasserflächen der Erde mindestens ebenso groß sind als über dem Festland. Geringer ist die durchdringende Strahlung, wesentlich kleiner der Gehalt der Luft an radioaktiven Stoffen. *Swann* zieht selbst in zwei Arbeiten, „Das normale elektrische Feld der Erde" und „Über den Ursprung der negativen Erdladung", die ebenfalls in den Berichten 1916 und 1917 enthalten sind, eine Reihe von Folgerungen aus diesem Meßergebnis. Die Hauptquelle der Elektrisierung in den untersten Luftschichten über dem Festlande bleiben die radioaktiven Bestandteile des Erdbodens und der Atmosphäre. Sie reichen mehr als aus, um die mit dem Ebertschen Apparat gemessenen leichtbeweglichen sowie auch die mittel- und schwerbeweglichen Träger zu erklären. Über See dagegen kommen die radioaktiven Bestandteile des Meeres und der Luft so gut wie gar nicht in Betracht. Der einzige Ionisator ist hier die durchdringende Strahlung, die, wie wir gesehen haben, aber nur gerade ausreicht, um die Anzahl der mit dem Ebertapparat gemessenen leichtbeweglichen Träger zu erzeugen. Demnach müßten, was nicht gerade wahrscheinlich ist, über dem Ozean alle mittel- und schwerbeweglichen Träger, d. h. alle Träger, die an Wasser- oder Staubteilchen der Luft gelagert sind, fehlen.

Um die negative Erdladung zu erklären, die ja das Grundproblem der luftelektrischen Forschung bildet, knüpft *Swann* an eine zuerst von *Simpson* im Jahre 1904 auf die Luftelektrizität angewandte Vorstellung an, wonach von außen, etwa von der Sonne, positive und negative Strahlen in die Erdatmosphäre gelangen, von denen die positiven stärker absorbiert werden, während die negativen zum Teil die Erdoberfläche erreichen sollen. *Swann* denkt an eine sehr durchdringende γ-Strahlung noch rätselhaften Ursprungs, die dauernd in der Richtung Luft—Erde eine sehr harte (negativ geladene) β-Strahlung erzeugt, die Luftschichten stark leitend macht und die negative Ladung und damit das ganze elektrische Feld der Erde hervorruft. Der Absorptionskoeffizient dieser γ-Strahlen müßte jedoch sehr viel kleiner sein als die aller bisher bekannten Strahlung. Erwähnt sei noch, daß *v. Schweidler* (1918) vergeblich versucht hat, mit empfindlichem Meßgerät ein negatives Aufladen eines Körpers am Erdboden nachzuweisen.

[1]) 1 „Curie" ist die Emanationsmenge, die man durch 1 g metallisches Radium erhalten kann.

Besprechungen.

Bleuler, E., Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung. Berlin, Jul. Springer, 1919. IV, 207 S. Preis M. 14,—.

Im Jahre 1877 hielt *Helmholtz* in Berlin eine Rede über *„Das Denken in der Medizin"*. In dieser Rede wird in jener klassischen Form, die wir an allen allgemein verständlichen Vorträgen von *Helmholtz* bewundern, in großzügiger Art die Entwicklung der wissenschaftlichen Medizin von ihren Anfängen an besprochen und am Schlusse darauf hingewiesen, daß „jeder wissenschaftliche Forscher auch das Hauptinstrument, mit dem er arbeitet, das menschliche Denken nach seiner Leistungsfähigkeit genau studieren müsse". „Auf die Kenntnis der Gesetze der psychischen Vorgänge müßte der Arzt, der Staatsmann, der Jurist, der Geistliche und der Lehrer bauen können, wenn sie eine wahrhaft *wissenschaftliche* Begründung ihrer praktischen Tätigkeit gewinnen wollten."

Es ist somit sehr zu begrüßen, wenn gerade ein Vertreter der Psychiatrie, die sich in erster Linie von allen medizinischen Einzelfächern mit der Seelenkenntnis zu befassen hat, sich von neuem mit dem Denken in der Medizin beschäftigt.

Das Buch des bekannten Seelenarztes Prof. *Bleuler* behandelt ausführlich das von ihm sogenannte *„autistisch-undisziplinierte"* Denken in der Medizin. Eine kurze Erklärung des neugeschaffenen Fremdwortes „autistisch" wird nicht gegeben. Es wird aber darunter ein Denken verstanden, das auf die Grenzen der Erfahrung, auf eine Kontrolle der Ergebnisse an der Wirklichkeit und „eine logische Kritik" verzichtet, das in gewissem Sinne geradezu identisch ist mit dem Denken im Traum. Man kann es also meines Erachtens mit *befangenem* und *unkritischem* Denken gleichsetzen, wenn man nicht das Wort *Mommsens* vom voraussetzungslosen Denken vorzieht, gegen das aber begründete Bedenken geltend gemacht werden können. Das bloße „nachlässige" Denken unterscheidet sich nach *Bleuler* von dem autistischen Denken durch das *Triebhafte*, was bei dem letzteren mitspielt. Und zwar ist es oft der Trieb zum Helfen und Handeln, der bei dem Arzt eine so berechtigte Rolle spielt, der auch oft sehr rasch befriedigt werden muß, so daß ein streng wissenschaftliches und kritisches Denken oft mehr unterdrückt wird als auf anderem wissenschaftlichen und praktischen Gebiete. Ich glaube darum, daß sich viel häufiger als *Bleuler* annimmt, viele Ärzte dieses unkritischen und ungenauen Denkens voll bewußt sind, daß sie

also recht häufig nur „autistisch" *handeln*, aber nicht autistisch denken. So müssen sie auch oft von der von *Bleuler* sogenannten *„Udenotherapie"* absehen. Diese besteht darin, daß man nichts tut, sondern dem Kranken nur sagt, es sei bei seiner Krankheit kein Mittel nötig.

Bleuler bespricht nun das „autistische" Denken nach den verschiedensten Richtungen hin, in bezug auf die Behandlung der Krankheiten und ihre Vorbeugung, auf die Begriffsbildung in der Pathologie und die Ursachenlehre, auf die Statistik, die Unfallsbeurteilung, den medizinischen Unterricht und die medizinischen Veröffentlichungen.

In einem besonderen Kapitel behandelt er den „autistischen Aberglauben" in der Medizin in bezug auf *die Alkoholfrage*. Hier denkt der abstinente Autor aber selber autistisch. Denn seine Behauptung, daß man von dem Alkohol in Wirklichkeit nur dessen Schäden kenne und daß man von seinem etwaigen Nutzen nichts wisse, kann als ganz objektiv und über dem Streite der Parteien stehend nicht angesehen werden. Die appetitanregende Wirkung des Alkohols ist ebensowenig zu leugnen, wie die nützliche Wirkung auf die Erweiterung der peripheren Gefäße bei starker Kälteeinwirkung. Auch ist es recht autistisch gedacht, wenn behauptet wird, daß die *„meisten"* Ärzte wissen, daß die Forderung der Mäßigkeit „mindestens *seit den Tagen der Pyramidenbauten"* sich als eine der *„dümmsten Utopien"* erwiesen hat. Ein scharfes, „diszipliniertes" Denken, wie es *Bleuler* mit Recht verlangt, müßte zum sicheren oder gar mathematischen Beweise für diese Behauptung mindestens den statistischen Nachweis erbringen, daß eine Befragung aller Ärzte über diesen Punkt ergeben hat, daß wirklich die Mehrheit so denkt, wie *Bleuler* voraussetzt. Außerdem muß *erwiesen* werden, daß die Zeitbestimmung des Pyramidenbaus richtig ist.

Ebenso ist die Stellungnahme zu den Freudschen Lehren recht autistisch. Wer auch nur seine eigenen Träume genauer beobachtet hat, kommt im allgemeinen zu einer Ablehnung dieser Lehren, in denen die sexuelle Komponente eine viel zu große und zum Teil eine vollkommen phantastische Rolle spielt.

Auch in einer Reihe von anderen Fragen geht der Autor zu „autistisch" vor, so sehr man seiner Kritik auch vielfach beistimmen muß. So z. B. wenn er behauptet, beim eigentlichen „chronischen Magenkatarrh" käme praktisch „wohl allein" derjenige infolge von Alkoholgenuß in Betracht, als ob es nicht noch so manche andere häufige Ursache gäbe, wie Stauung bei Herzleiden, ungeeignete Kost usw. Oder wenn er behauptet, daß in einem Sanatorium, in dem hauptsächlich das sonst verpönte rohe Obst dargereicht wird, die Kranken dadurch sogar gemästet werden (S. 39)!

Die Frage, ob die Kuhmilch besser gekocht als ungekocht genossen wird, kann nicht bloß von dem Standpunkt des etwaigen Tuberkelbazillengehaltes der Milch der Kühe aus entschieden werden oder gar durch die Feststellung, daß ein Anstaltsdirektor ungeschädigt ungekochte Milch getrunken hat (S. 70), sondern doch vor allem im Hinblick auf die Schädigungen der Säuglinge durch sonstwie veränderte Milch.

Nach anderen Richtungen hin sind die kritischen Ausführungen des Verfassers durchaus richtig und wirken auch durch ihre vom gewöhnlichen akademischen Stil abweichende satirisch-amüsante Form. Es sei nur die Beurteilung der Elektrotherapie erwähnt, ferner die Ablehnung der übertriebenen Erzeugung von chemischen „Arzneimitteln" und von Nährpräparaten. Ebenso wendet sich der Verfasser mit Recht gegen die vielfach übliche Behandlung von Neurosen ohne Berücksichtigung des Wertes der Arbeit, ferner gegen manche „recht schlimme Begriffe" in der Pathologie, wie den der *Degeneration*.

Von besonderer Eigenart sind seine Ausführungen über die *„Wahrscheinlichkeit in der psychologischen Erkenntnis"*. Es wird versucht, die Motive unseres Handelns und unsere psychologischen Schlüsse ebenso den mathematischen Wahrscheinlichkeitsberechnungen zu unterwerfen, wie die Gesetze der gewöhnlichen physischen Kausalität. Von rein mathematischer Seite her werden diese Versuche durch Herrn Privatdozenten Dr. *Polya* beleuchtet. Sie sind in hohem Grade anregend und wertvoll und verdienen durchaus weiter ausgebaut zu werden.

Den Schluß des Buches bilden kritische Betrachtungen über die jetzige Art des medizinischen Studiums und über das medizinische Veröffentlichungswesen, Betrachtungen und Ausführungen, denen man in vielen Punkten zustimmen kann. Was aber z. B. gegen die humanistische Gymnasialvorbildung für Mediziner gesagt wird, ist gewiß gegenüber einer zu formalen und pedantischen Art dieses Unterrichts richtig, aber sonst anfechtbar. Zur Mathematik sind doch erfahrungsmäßig noch wenigere veranlagt als zu Sprachstudien. Und wenn gesagt wird, daß zu einem Arzte „gute Beobachtung, gute Kombinationsgabe, guter Verstand überhaupt und guter Charakter" gehört, und daß alle diese Dinge auf keinem Gymnasium erworben werden können, so gilt doch das auch für alle Arten der Schulausbildung in gleicher Weise. Ein Mann von der Beobachtungsgabe und dem Verstande von *Helmholtz* ist stets für das humanistische Gymnasium eingetreten. Seine Fähigkeiten zum Beobachten, sowie die „Freiheit des Denkens" wurden gewiß nicht unterdrückt, wie das nach *Bleuler* an vielen Orten jetzt noch durch das „klassische Studium" „eher" geschehen soll. Und so haben auch viele mittelmäßig Begabte durch einen guten humanistisch-gymnasialen Unterricht schwerlich in der Ausbildung ihrer Verstandesfähigkeiten oder gar an ihrem Charakter Schaden erlitten.

Alles in allem also ein anregendes und tapfer gegen viele ärztliche Vorurteile ankämpfendes Buch, in fesselnder und oft mehr plaudernder Weise geschrieben, das sehr viele Ärzte gern lesen werden und dessen Verfasser es am wenigsten übelnehmen wird, wenn man auch seinen eigenen Behauptungen gegenüber ein möglichst kritisches, objektives, nicht „autistisches" Denken zur Anwendung bringt. *Friedr. Schultze, Bonn.*

Tschermak, A. v., Julius Bernsteins Lebensarbeit. Zugleich ein Beitrag zur Geschichte der neueren Biophysik. (Sonderabdruck aus Pflügers Arch. Bd. *174*.) Berlin, Julius Springer, 1919. 89 S. Preis M. 2,80.

Nach kurzer biographischer Einleitung entwirft *Tschermak* ein Bild der Lebensarbeit seines Lehrers *Bernstein* und nennt diese Darstellung mit Recht einen Beitrag zur Geschichte der neueren Biophysik, denn an der Entwicklung dieses Teiles der Physiologie hat *Bernstein*, dessen Arbeiten 1862 beginnen und 1916 enden, einen erheblichen Anteil. Verknüpft sich auch keine ganz große Entdeckung mit *Bernsteins* Namen, so hat er doch zahlreiche sehr wichtige Fragen, besonders solche der Elektrophysiologie, gefördert. Die Lehre von der „negativen Schwankung", d. h. vom Aktionsstrom steht im Mittelpunkt des wichtigsten Teils der Forscherarbeit *Bernsteins*. *B.* stellte die Fortleitung der Erregung in Form einer elektrischen

Welle im Nerven fest, diskutierte das Verhältnis des Aktionsstroms zur Muskeltätigkeit, förderte die Theorie der negativen Schwankung und stellte endlich seine Membrantheorie der bioelektrischen Erscheinungen auf.

Als zweite Gruppe von Arbeiten werden *Bernsteins* Untersuchungen zur Frage der Bewegungserscheinungen der lebendigen Substanz vorgeführt, in denen *B.* versucht hat, diese Erscheinungen auf Veränderungen der Oberflächenenergie zurückzuführen.

Die Arbeiten auf weiteren Gebieten (Herz, Kreislauf, Atmung, Sinnesorgane, Toxikologie) sind weniger tiefgreifend, zeigen aber überall den vielseitigen, kritischen Experimentalforscher.

Jeden Physiologen, aber auch wohl nur diesen, wird die Darstellung der Probleme, betrachtet vom Standpunkte des einzelnen an ihrer Erforschung beteiligten Meisters, interessieren. *A. Pütter, Bonn.*

Dembowski, J., Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, herausgegeben von *W. Roux*, Heft *21*. Berlin, J. Springer, 1919. 132 S. Preis M. 18,—.

Dembowski schildert in munterem Tone und skizzenhafter Form methodologische Unzulänglichkeiten über Deszendenz, Vererbung, Vererbung erworbener Eigenschaften, Mendelismus, organische Form, Ontogenese, Zellkern, Regeneration und Vitalismus. In bunter Folge wird, wie der Verfasser meint, manchmal „nichts Neues" gesagt und wohl „Gewagtes behauptet". Der leitende Grundgedanke ist: „Die Erscheinung ist immer einfach und immer kontinuierlich, weil die Diskontinuierlichkeit nur zur Untersuchungsmethode gehört." Indem wir mit diskontinuierlichen Arbeitsmethoden analysieren, zerreißen wir den gegebenen Zusammenhang der Erscheinungen. Die Folge davon sind unzutreffende Bilder der Natur und weiterhin aus den Fiktionen entspringende Scheinfragen. *Dembowskis* Verfahren ist einfach: „Jede Ansicht werden wir als hinfällig zu betrachten haben, für welche wir nachweisen können, daß sie dem Kontinuitätsprinzipe widerspricht."

Es wird dann vieles Treffende ausgeführt. Der Leser stößt aber auch auf methodologisch und sachlich unhaltbare Aussagen. Nur zwei Beispiele: „Die Aufgabe der Wissenschaft liegt nicht im Katalogisieren der Natur, sondern in der kausalen Erkenntnis der Erscheinungen." Sehr oft ist von der „formlosen, wenig differenzierten lebenden Substanz" die Rede. Von ihr „stammt die Form"; sie ist „materieller Träger der Entwicklung" und dergleichen.

Gewiß, Theorienergründung tut not. Der Referent hat nachdrücklich zur Prüfung der Gebilde biologischen Denkens aufgefordert und die Wege dazu gewiesen. Er möchte den vielbewanderten, wenn auch nicht immer mit den Quellen vertrauten Autor nicht entmutigen; aber der vorliegenden Schrift fehlt bei guten Ansätzen die Reife. *J. Schaxel, Jena.*

Physiologie und Ökologie. I. Botanischer Teil. (Kultur der Gegenwart, 3. Teil, 4. Abteilung, 3. Band *I.*) unter Redaktion von *G. Haberlandt*, bearbeitet von *Fr. Czapek*, *H. v. Guttenberg*, *E. Baur*. Leipzig, B. G. Teubner, 1917. Preis geh. M. 11,—, geb. M. 13,— (dazu die Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen).

Dieser von *G. Haberlandt* redigierte Band des bekannten Sammelwerkes stellt sich die Aufgabe, den Stand unserer gegenwärtigen Kenntnisse von der Physiologie und Ökologie der Pflanzen in lesbarer Darstellung zu schildern. Dabei wurde der Versuch gemacht, die exakte physiologische, vorwiegend kausale und die ökologische, vorwiegend teleologische Betrachtungsweise nicht in getrennten Kapiteln zu Worte kommen zu lassen, sondern die in der Botanik so innige und mannigfaltige Verknüpfung der beiden Disziplinen auch durch eine einheitliche Darstellung zum Ausdruck zu bringen, ein Versuch, der den Mitarbeitern ja auch z. T. gelungen ist.

Der Stoff ist in 5 Abschnitte gegliedert. Eine *Einleitung* aus *Czapeks* Feder macht den Leser mit der Eigenart der botanischen Physiologie und Ökologie, ihren Methoden und Zielen, ihren Abgrenzungen gegen andere Disziplinen und ihren Verflechtungen mit ihnen bekannt. Dann folgt ein Abschnitt über die *Ernährung der Pflanzen*, ebenfalls von *Czapek* verfaßt. Er ist nach dem Empfinden des Referenten der gelungenste Teil des Buches. *Czapek* weiß seine Darstellung so zu gestalten, daß sie in gleicher Weise den Fernerstehenden belehrt, als auch dem Fachmann Anregung bietet und vor allem beiden Lesern einen ästhetischen Genuß bereitet — ein Lob, das ja bekanntlich in der wissenschaftlichen Literatur nicht allzu häufig gespendet werden kann. Der Reiz der Darstellung liegt z. T. auch in der glücklichen Heranziehung geschichtlicher Hinweise.

H. v. Guttenberg schildert in einem kürzeren Abschnitt *Wachstum und Entwicklung*, in einem längeren die *Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich*. Auch diese Kapitel sind ganz ansprechend und geben ein gutes Bild von dem Stande der botanischen Reizphysiologie. Daß sich in einzelnen Zügen inzwischen schon mancherlei geändert hat und in allernächster Zeit noch mehr ändern wird, fällt natürlich dem Verfasser nicht zur Last, sondern zeigt nur, wie lebhaft und mit wie gutem Erfolge auf diesen Gebieten von den Pflanzenphysiologen gearbeitet wird.

Die *Physiologie der Fortpflanzung*, der letzte Abschnitt des Buches, ist von *E. Baur* verfaßt. Auch *Baur* verfügt über eine sehr klare und lesbare Schreibweise, die ja vielen Lesern von seinem bekannten Vererbungsbuche her in angenehmer Erinnerung ist. Der Gegenstand seines Aufsatzes erfordert notgedrungen eine etwas andere Behandlungsweise als die vorigen Abschnitte; denn „kausal bekannt ist uns hier fast nichts" und wir müssen uns einstweilen damit begnügen, das ökologische Moment in den Vordergrund zu rücken. Aber gerade deswegen ist die Lektüre dieser Abschnitte auch für den „kausalen Physiologen" anregend und lohnend. Wird er doch so auf mancherlei Probleme aufmerksam, deren kausale Lösung schon jetzt möglich sein dürfte. Es liegt hier ein noch wenig beackertes Gebiet vor, dessen Bebauung reiche Frucht verspricht.

Der günstige Eindruck, den die einzelnen Aufsätze machen, überträgt sich auch z. T. auf den Band als Ganzes. Im Vergleich mit anderen Sammelbänden des Werkes, wie z. B. der „allgemeinen Biologie", deren Aufsätze in gar keinem inneren Zusammenhang stehen, ist hier wenigstens ein einigermaßen homogenes Gebilde zustande gekommen, das freilich in seiner Gesamtwirkung trotz der Vorzüglichkeit der Einzelleistungen doch hinter manchem einheitlich angelegten Buche zurückstehen muß. *J. Buder, Leipzig.*

Schröter, C., Oberforstinspektor Dr. Joh. Conz. 1822—1918. Ein Nachruf. Heft *IX* der Schweizer

Schriften für allgemeines Wissen. Zürich, Rascher & Co., 1919. 47 S. und 1 Tafel. Preis 1,— Fr.

Die mit einem Porträtbild ausgestattete Schrift gibt in großen Zügen einen Überblick über Lebenslauf und Lebenswerk eines über die Grenzen seiner Schweizer Heimat hinaus bekannten, hochverdienten Forstmanns, des Oberforstinspektors Dr. *Coaz*, der am 18. August 1918 im Alter von 97 Jahren aus dem Leben geschieden ist. *Coaz* genoß als Alpinist, Naturforscher und Organisator und Leiter des schweizerischen Forstwesens das größte Ansehen; ihm sind in erster Linie die Neuorganisation des gesamten Forstwesens in der Schweiz auf neuzeitlicher Grundlage, der Schutz des Waldes und der Kulturen gegen Lawinenschaden, die Anlage umfassender Wegbauten und Waldvermessungen sowie zahlreiche andere Maßnahmen zu danken, durch welche die schweizerische Waldwirtschaft im Sinne einer intensiven wirtschaftlichen Ausnützung und einer Steigerung der Produktionskraft weiter entwickelt wurde. Daneben fand der vielbeschäftigte Mann noch Zeit und Muße, der Fischereiwirtschaft, dem Vogelschutz sowie der floristischen Erforschung seiner Heimat sein Interesse zu widmen; mit welch vortrefflichem Erfolg, davon zeugt die stattliche Reihe von Publikationen, welche im Anhang dieser Schrift dem Titel nach angeführt werden.

F. W. Neger, Tharandt.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 1. Dezember 1919 widmete Professor *Schalow* dem am 5. November verschiedenen 2. Vorsitzenden der Gesellschaft, Justizrat Dr. *Kollibay*, einen ehrenvollen Nachruf.

Professor *Neumann* legte den Balg einer männlichen Zwergtrappe vor und wies auf die eigentümliche Verkürzung der 4. Handschwinge hin, die anscheinend ein Schallorgan darstellt. Professor *Reichenow* zeigte eine bei Oppeln erlegte Stockente von rötlicher Färbung. Er führte diese Erscheinung auf Erythrismus zurück und nicht auf einen äußeren, durch chemische Bestandteile des Wassers hervorgerufenen Einfluß, wie von anderer Seite früher behauptet war. Professor *Neumann* bestätigte diese Ansicht durch den Hinweis, daß er im Winter 1917 in Lompscha eine ebenfalls rötlich gefärbte Stockente erhalten hat.

Dr. *Hesse* hielt einen ausführlichen Vortrag über **die Verbreitung und die Lebensweise des Nachtigallschwirls, Locustella luscinioides.** Der Nachtigallschwirl wurde 1824 zuerst von *Savi* beschrieben, der ihn in den Sümpfen Norditaliens entdeckte. *Naumann* führt ihn dann in seinem großen ornithologischen Werke als Brutvogel für Frankreich, Holland, Ungarn, Galizien und Böhmen an. Seit 1890 ist dieser Vogel nun auch für Deutschland nachgewiesen, und zwar: in Schlesien (bei Breslau und in der Bartschniederung), in der Mark Brandenburg (im Rhinluch, Nauener und Havelländ. Luch), in der Rheinprovinz sowie in Ostpreußen (bei Bartenstein, Steinort und am Kurischen Haff). Hier bewohnt er sumpfiges, morastiges Gelände, wo das Wasser am Boden steht, und das mit Sahlweiden, Erlen und Birken durchsetzt ist. Sein Aufenthaltsort ist der Rohrwald sowie das dichte Gewirr der Sumpfpflanzen, unter denen er Arundo, Carex, Juncus und Typha besonders bevorzugt. Seine Stimme ist die gedämpfteste unter den 3 deutschen Schwirlarten und klingt etwa wie „örrrrr". Dieser Gesang wird fortlaufend vorgetragen, die einzelne Tour dauert gewöhnlich 3—5 Sekunden, in höchster Erregung jedoch bis zu 10 Sekunden, ja ausnahmsweise sogar bis zu einer halben Minute. *Tischler* beobachtete in Ostpreußen ein Männchen, das seinen schwirrenden Gesang ohne Unterbrechung 40 Sekunden lang hören ließ. Die ersten Töne liegen meist etwas tiefer als die folgenden, die in der Regel in gleicher Höhe vorgetragen werden. Nur bei sehr langen Touren macht sich ausnahmsweise ein An- und Abschwellen der Stimme bemerkbar. Der Nachtigallschwirl dürfte wahrscheinlich noch an anderen Orten Deutschlands vorkommen, was jedoch infolge seiner versteckten Lebensweise in unzugänglichen Brüchen nur schwer nachzuweisen ist. Hier harrt der faunistischen Forschung noch eine dankbare Aufgabe.

In der Sitzung am 5. Januar 1920 teilte Geheimrat *Reichenow* mit, daß an Stelle des verstorbenen Justizrats Dr. *Kollibay* Oberstleutnant a. D. *Friedrich von Lucanus* zum 2. Vorsitzenden der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft gewählt ist.

Nach Vorlage der neuen Literatur durch Professor *Schalow* und Geheimrat *Reichenow* hielt Oberstleutnant *v. Lucanus* einen Vortrag über die **Mimikry der Kuckuckseier** und führte folgendes aus: „In der Fortpflanzungsgeschichte des europäischen Kuckucks, Cuculus canorus L., ist die Frage nach der Anpassung seiner Eier, die in Farbe und Zeichnung so auffallend variieren, an die Eier der Pflegeeltern noch ungelöst. Von den älteren Autoren vertreten *Kunz*, *Gloger* und *Baldamus* voll und ganz die Anpassungstheorie. *Kunz* und *Gloger* gehen sogar so weit, daß sie dem Kuckucksweibchen die Fähigkeit zuschreiben, seine Eier der jeweiligen Färbung der Eier derjenigen Vogelart, in deren Nest es gerade legt, willkürlich anzupassen, während *Baldamus* meint, daß durch die Nahrung, die der junge Kuckuck von seinen Pflegeeltern erhält, die Farbe der Eier, die er später legt, beeinflußt wird, und dadurch ihre Ähnlichkeit mit den Eiern der Pflegeeltern hervorgerufen wird. Andere Forscher, wie *Landois*, *Rey* und *Walter*, sprechen sich gegen die Mimikry des Kuckuckseies aus und erklären die in manchen Fällen sich zeigende Übereinstimmung des Kuckuckseies mit den Nesteiern nur als eine rein zufällige Erscheinung infolge des starken Variierens der Kuckuckseier. Diese Frage ist auch heute noch unentschieden, und die Ansichten der Ornithologen und Oologen sind noch immer geteilt. Die umfangreiche Eiersammlung des Berliner Museums für Naturkunde enthält nicht weniger als 728 Gelege 30 verschiedener Vogelarten mit zusammen 765 Kuckuckseiern, die ein ganz hervorragendes Material für das Studium der Anpassungserscheinung an die Hand geben. Eine genaue Durchsicht dieser Sammlung ergab nun, daß von den 765 Kuckuckseiern 575 mit den zugehörigen Nesteiern in Farbe und Zeichnung ganz auffallend übereinstimmen. 22 Kuckuckseier zeigen zwar einen bemerkbaren Unterschied, der in einer helleren, dunkleren oder auch abweichenden Färbung bestehen kann, passen aber in ihrem Gesamtcharakter doch noch so gut zu den Nesteiern, daß es vollauf berechtigt erscheint, von einer Anpassung zu sprechen. 169 Kuckuckseier sind dagegen den Nesteiern völlig unähnlich. Unter letzteren liegen die meisten, d. h. 120 Stück, in Zaunkönignestern. Kuckuckseier im Typ des Zaunkönigeies scheint es meines Wissens überhaupt nicht zu geben. Von den 575 gut angepaßten Kuckuckseiern befinden sich 502 in Gelegen der Gartengrasmücke. Die Eier der Gartengrasmücke variieren bekanntlich sehr, und dieselben Variations-

reihen zeigt auch das Kuckucksei, wodurch also von vornherein die Anpassungserscheinung begünstigt wird. Unter den 502 Kuckuckseiern in Gartengrasmückengelegen befinden sich freilich einige, die von den zugehörigen Nesteiern mehr oder weniger abweichen. Da sie aber trotzdem noch in die Variationstypen des Gartengrasmückeneies völlig hineinpassen, so daß durch ein Vertauschen der Eier innerhalb der einzelnen Gelege eine völlige Übereinstimmung zwischen Kuckucksei und Nesteiern erzielt werden könnte, so kann man auch in diesen Fällen von einer „Mimikry" sprechen und die Eier als „gut angepaßt" bezeichnen.

Eine vorzügliche Übereinstimmung des Kuckuckseies mit den Nesteiern macht sich ferner bei dem grauen Fliegenfänger, der weißen Bachstelze, der Schafstelze, dem rotrückigen und rotköpfigen Würger, der Sperber-, Dorn- und Orpheusgrasmücke, dem Gartenrotschwanz und der asiatischen Ammer, Emberiza ciopsis, geltend. Das Kuckucksei in dem Gelege von Emberiza ciopsis ist ein Fall ganz hervorragender Mimikry, der einzig in seiner Art dasteht. Die Eier dieser Ammerart sind auf weißlichem Grunde mit dunkelbraunen verschlungenen Kritzlen und wurmartigen Linien gezeichnet, die sich als geflochtener Kranz am stumpfen Ende des Eies um den Pol winden. Genau dieselbe Zeichnung zeigt das in diesem Gelege befindliche Kuckucksei, das als solches an seinem bedeutend größeren Schalengewicht von den Ammereiern mit Sicherheit zu unterscheiden ist. Eine sehr auffallende Übereinstimmung zeigt ferner das in einem Lanius senator-Gelege befindliche Kuckucksei, das genau wie die Würgereier auf gelblichem Grunde braun gewölkt ist. Eine gleich vorzügliche Anpassung sehen wir in den Dorngrasmückengelegen, in denen das auf hellem Grunde fein braun bespritzte Kuckucksei den Nesteiern vollkommen gleicht. Sehr bemerkenswert ist ferner, daß in allen vier in der Sammlung vorhandenen Gelegen der Orpheusgrasmücke die Kuckuckseier in geradezu verblüffender Weise den Nesteiern gleichen. Zwei dieser Gelege stammen aus Malaga, zwei aus Dalmatien, was dafür spricht, daß der Kuckuck in der Heimat der Orpheusgrasmücke diese Vogelart als Pflegewirt zu bevorzugen scheint, und daß die Mimikry der Eier wohl hiermit in Zusammenhang gebracht werden kann. Dieselbe Erscheinung finden wir noch in Finnland, wo der Kuckuck nach *Walters* Angabe einfarbig blaue Eier mit Vorliebe in die Nester des Gartenrotschwanzes legt, und in der Heimat des Bergfinken, wo nach *Rey* bei den in den Nestern von Fringilla montifringilla gefundenen Kuckuckseiern die imitative Anpassung die Regel ist. Alle diese Beispiele zeigen uns, daß es nicht berechtigt ist, die schon von älteren Forschern aufgestellte Anpassungstheorie zu leugnen, sondern daß das Kuckucksei in bezug auf Farbe und Zeichnung in vielen Fällen den Eiern der Pflegeeltern vorzüglich angepaßt ist. Die Ähnlichkeit des Kuckuckseies mit den blauen Eiern von E. phönicurus, oder mit den fein bespritzten Eiern von Motacilla alba und Sylvia curruca, oder den eigenartig gezeichneten Ammereiern deutet aber darauf hin, daß diese Anpassungserscheinung offenbar keine rein äußere, zufällige Erscheinung ist, sondern sich vielmehr aus einem Naturgesetz herleitet, dessen Ursachen wir freilich noch nicht kennen. Die Darwinsche Selektionstheorie läßt sich nicht anwenden, da die Erfahrung gelehrt hat, daß die meisten Vögel fremde, ganz unähnliche Eier in ihrem Nest dulden und ausbrüten. Die von *Baldamus* zuerst ausgesprochene Ansicht, daß die Nahrung des jungen Kuckucks bei der Aufzucht durch die Pflegeeltern die Färbung der Eier beeinflussen und eine Anpassung an die Eier der Pflegeeltern hervorrufen soll, läßt sich nicht anerkennen. Es erscheint physiologisch nicht möglich, daß die kurze Zeit der Aufzucht genügen soll, um im Körper Farbstoffe aufzuhäufen, welche die Färbung der Eier, die erst nach Ablauf eines Jahres gelegt werden, beeinflussen. In der langen Zwischenzeit hat ja der Kuckuck seine normale Nahrung zu sich genommen und der Körper eine völlige Umbildung erfahren. Hätte die Nahrung überhaupt einen entscheidenden Einfluß auf die Färbung der Eier eines Vogels, dann müßten z. B. Rotkehlchen und Nachtigall, die beide dieselbe Lebensweise führen und ihre Insektennahrung auf dem Erdboden suchen, ja gleich gefärbte Eier legen, was aber nicht zutrifft, da das Rotkehlchenei rötlich gefleckt, das Nachtigallenei aber einfarbig olivbraun ist. Ferner müßten in Gefangenschaft gezüchtete Vögel, die häufig mit ganz anderer Nahrung als im Freien aufgezogen werden, auch Abweichungen in der Farbe der Eier aufweisen, was aber nicht der Fall ist. Der domestizierte Kanarienvogel, der mit Rübsen und Eifutter großgezogen wird, legt genau dieselben Eier wie der Kanarienwildling, dessen Nahrung wesentlich anders ist. Durch Fütterung mit Cayennepfeffer zur Mauserzeit erzielt der Kanarienzüchter eine rötliche Gefiederfärbung. Solche Vögel legen aber im Frühjahr durchaus normal gefärbte Eier. Die Nahrung hat also keinen Einfluß auf die Färbung der Eier. Bevor der Kuckuck zum Brutparasitismus überging, werden wahrscheinlich seine Eier nur eine einheitliche Farbe besessen haben, die im wesentlichen den Eiern der Sylvien, besonders der Sylvia borin, glich; denn die meisten Kuckuckseier haben noch heute deren Typus, während die Anpassung an die Eier anderer Pflegewirte, wie des Rotschwanzes und der Ammer, offenbar erst später mit dem Brutparasitismus entstanden ist. Die Ursachen dieser eigenartigen Anpassung zu erforschen, ist der Ornithologie und Oologie noch vorbehalten."

Im Anschluß hieran wies Dr. *Heinroth* auf die geringe Größe des Kuckuckseies hin im Vergleich zur Körpergröße des Vogels, worin ebenfalls eine gute Anpassung an die Eier der meisten Pflegewirte, die bedeutend kleiner als der Kuckuck sind, zu erblicken ist. Dr. *Heinroth* meinte ferner, daß die Ähnlichkeit des Kuckuckseies mit den Nesteiern in vielen Fällen vielleicht darauf zurückzuführen sei, daß unähnliche Kuckuckseier von den Nestinhabern entfernt werden. Oberstleutnant v. *Lucanus* entgegnete hierauf, daß dieser Ansicht die Erfahrung widerspricht, daß auch unähnliche Kuckuckseier in Vogelnestern gefunden werden, die eben nicht entfernt worden sind, und daß aus den Versuchen *Leverkühns* hervorgeht, daß viele Vögel in ihr Nest gebrachte fremde Eier nicht mit Mißtrauen betrachten. Professor *Schillings* machte den Vorschlag, zur Klärung dieser Frage das Verhalten der als Pflegeeltern des Kuckucks bekannten Vogelarten gegenüber fremden Eiern in ihrem Nest auf experimentellem Wege zu erforschen.

Friedrich von Lucanus.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.